Über

Luminescenz.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Wilhelm Arnold

aus Uffenheim.

Tag der mündlichen Prüfung: 6. Juli 1896.

ERLANGEN.

K. b. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Fr. Junge (Junge & Sohn).

1896.

Gedruckt mit Genehmigung der hohen philosophischen Fakultät der Universität Erlangen.

Referent: Herr k. Univ.-Professor Dr. E. Wiedemann.

Gewidmet seiner lieben Frau.

Der Verfasser.

Inhalt.

I. Ueber Luminescenz.

1. Kathodolumineszenz, Nachleuchten und Thermolumineszenz . 7
   - Einleitung 7
   - Untersuchte Substanzen 13
   - Methode 13
   - Darstellung der Substanzen 15
   - Untersuchungen 20
   - Versuchsergebnisse 26
2. Photolumineszenz 27
   - Einleitung 27
   - Methode 28
   - Untersuchungen 28
   - Resultate 34

II. Ueber Röntgen-Strahlen.

1. Einleitung 36
2. Apparate 38
3. X-Luminescenz 40
4. Durchlässigkeit für X-Strahlen 41
5. Einfluss von Körpern auf die Empfindlichkeit photographischer Platten 51
6. Wirkung der X-Strahlen im Vergleich zu derjenigen der Kathodenstrahlen 53
7. Resultate 55

III. Ueber die Strahlen von Henri Becquerel . . . 57

I. Ueber Luminescenz.

A. Kathodoluminescenz, Nachleuchten und Thermoluminescenz.

Einleitung.

Unter Luminescenz[1]) verstehen wir mit E. Wiedemann eine Lichtentwicklung, die ohne entsprechende Steigerung der Temperatur stattfindet.

E. Wiedemann unterscheidet nach der Anregung:

1. durch Licht: Photoluminescenz; spezielle Fälle sind Fluorescenz und Phosphorescenz je nach der Dauer des Leuchtens. Beide Erscheinungen gehen allmählich in einander über. Es wäre vielleicht angezeigt, ein kurzanhaltendes Leuchten mit Brevi-, ein langanhaltendes mit Longiluminescenz zu bezeichnen.
2. durch elektrische Entladungen: Elektroluminescenz.
3. durch Kathodenstrahlen: Kathodoluminescenz.
4. durch Zerbrechen und Reiben: Triboluminescenz.
5. durch Erwärmen: Thermoluminescenz, die sich häufig erst nach vorheriger Erregung zeigt.
6. beim Krystallisieren von Körpern: Krystalloluminescenz.
7. beim Lösen von Substanzen nach vorheriger Bestrahlung: Lyoluminescenz.

---

1) Wied., Ann. 34 p. 446. 1888 u. 37 p. 177. 1889.

8. durch chemische Prozesse: Chemilumineszenz. Eine Chemilumineszenz kann Ursache aller der vorstehenden anderen Arten von Lumineszenz sein.

   Die erregenden Ursachen rufen chemische Zersetzungen der Körper hervor, die nach Aufhören derselben zurückgehen und dadurch eine Lichtentwicklung bedingen, eventuell findet statt einer vollständigen chemischen Zersetzung nur eine Verschiebung der Atome innerhalb eines Moleküls statt; kehren die Atome in ihre ursprüngliche Lage unter Lichtentwicklung zurück, so nennt man dies Verschiebungslumineszenz.
9. durch Röntgen-Strahlen: diese Lumineszenz wollen wir X-Lumineszenz nennen, da die Form Röntgen-Lumineszenz sprachlich nicht wohl möglich ist.

E. Wiedemann und G. C. Schmidt[1]) gewannen bei ihren Untersuchungen über Lumineszenz von festen Körpern und festen Lösungen folgende Resultate:

1. Viele anorganische Körper zeigen eine intensive Kathodolumineszenz und zum Teil auch Thermolumineszenz.
2. Eine schöne Kathodolumineszenz zeigen eine Reihe fester Lösungen im Sinne van't Hoff's[2]).
3. Die Lumineszenzfarbe ist bei festen Lösungen von der Koncentration unabhängig.
4. Die Lumineszenzfarbe von Salzen desselben Metalles ist im allgemeinen die gleiche.
5. Sowohl die Farbe, als die Dauer des Leuchtens ändert sich beim Erhitzen.

---

1) E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Ann. d. Phys. u. Chem. 56. p. 251. 1895.

2) van't Hoff, Zeitschr. f. physik. Chemie 5, p. 322. 1890.

6. Zusätze können die Luminescenz steigern oder vernichten.
7. Viele unter den Kathodenstrahlen leuchtende Körper leuchten auch unter dem Sonnenlichte, doch nicht so hell, als unter den Kathodenstrahlen; die Farbe ist bei beiden Arten Strahlen häufig, aber nicht stets die gleiche.
8. Zahlreiche feste organische Körper kathodolumineszciren.
9. Zahlreiche organische Körper[1]) fluoresciren in festen Lösungen und zwar ist die Farbe meistens unabhängig vom Lösungsmittel; Farbstoffe fluoresciren im allgemeinen nur solange, als dieselben, sei es in festen Körpern, sei es in Flüssigkeiten gelöst sind.

Die ersten Versuche über Phosphorescenz hat Lane angestellt, die dann Canton, Seebeck und Heinrich weiter behandelten.

Die erste grössere Arbeit über die Natur des Lichtes, das phosphorescirende Körper austrahlen, publizirte Brewster[2]), der sich die Untersuchungen von Arago[3]) und vor allem von Stokes[4]) anschlossen.

Pearsall[5]) zeigte im Jahre 1837, dass Substanzen, die erwärmt phosphoresciren und dabei ihre Leuchtkraft zuletzt verlieren, unter dem Einfluss elektrischer Funken dieselbe wieder erhalten; er zeigte[6]) aber auch, dass nicht alle als Phosphore bekannte Körper durch Einwirkung

1) G. C. Schmidt, Wied. Ann: Beiträge zur Fluorescenz. 1896.
2) Brewster, Edinb. philosoph. Journ. I. p. 837.
3) Arago, Ann. de chim. et de phys. 14. p. 298.
4) Stokes, Pogg. Ann.
5) Pearsall-Pogg. Ann. XX. S. 252. 1837.
6) Pearsall-Pogg. Ann. XXII. S. 568.

des Funkens zum Leuchten gebracht werden so Marmor, Elfenbein, Perlmutter, Austerschalen, Muscheln, Kreide, und bewies dadurch, dass Körper durch künstliche Mittel auf einen höheren Grad von Leuchtkraft gebracht werden können; er glaubte ferner, da bei in chemischer Hinsicht fast gleichen Körpern in Bezug auf Phosphorescenz eine Verschiedenheit eintrat, dies auf ihre mechanische Beschaffenheit zurückzuführen sei, und dass die Erregung nicht wesentlich vom Licht oder einer grossen Menge Elektricität, sondern von der Intensität derselben abhänge.

Die umfassendsten Versuche über die Phosphorescenz durch die Einwirkung des Lichtes hat E. Becquerel[1]) angestellt.

Er leitet die Unterschiede der Farbe und Helligkeit der Phosphorescenz bei chemisch identischen Körpern von deren physikalischer Struktur ab.

O. Klatt und P. Lenard[2]) stellten, wie Verneuil, fest, dass die Unterschiede in der Art der Lichtemission auf kleine Beimengungen der Körper zurückzuführen sei, da nach genauer Analyse der Körper festgestellt wurde, dass nicht die reinsten Substanzen stets die hellste Phosphorescenz lieferten.

Klatt und Lenard wählten ebenso wie Becquerel[3]) Sulfide der Erdalkalien als Untersuchungsobjekte und setzten dem Sulfide Salze eines anderen wirksamen Metalles (Mangan, Kupfer, Wismuth) und ein farbloses Salz zu. Sie zeigten, dass die verschiedenen Färbungen von einem Gehalt an fremden Zusätzen herrühren. So gaben

---

1) E. Becquerel, La Lumière. Bd. 11. 1867.

2) V. Klatt und Lenard, Wiedem., Ann. 38. p. 90. 1889.

3) E. Becquerel, La Lumière, p. 214, ferner Crookes, Chem. News 52, p. 46. 1885 und A. Bettendorff, Lieb. Ann. 270. 1892. E. Becquerel, Compt. rend. 112. 1891.

Doppelspathkrystalle mit Schwefel geglüht einen grün leuchtenden Phosphor, jedoch zuerst in Salzsäure gelöst, mit Ammoniumcarbonat gefällt und mit Schwefel geglüht, eine orangegelb leuchtende Masse, während zuerst in Salpetersäure gelöst, bei gleicher Behandlung grüngelbe Phosphorescenz entstand; wurden diese Körper mit Zusätzen (Cu—Bi—Mn) geglüht, so leuchteten dieselben bedeutend heller, gleichzeitig war auch die Farbe eine andere.

Ebensolche Ergebnisse wie Lenard und Klatt hat Lecoq de Boisbaudran[1]) erhalten, der verschiedene Carbonate und Sulfate durch Zusatz kleiner Mengen von Mangan und Wismuth zu heller Phosphorescenz brachte, ebenso reine Thonerde durch Zusatz kleinster Quantitäten Chroms. Wie stark die Einwirkung der kleinsten Mengen Chromoxyd auf das Leuchtvermögen der Thonerde ist, wies Crookes[2]) dadurch nach, dass völlig reine Thonerde einige Tage mit böhmischem Glase in Berührung, schwach roth phosphorescirte, und ferner E. Becquerel[3]), der durch Zusätze von Chromoxyd Thonerde und Magnesiumoxyd phosphorescenzfähig machte.

Aus allen diesen Versuchen geht hervor, dass die Phosphorescenz von Leuchtsteinen wohl nur durch an dem Kalk haftende kleine Mengen von Kupfer, Wismuth oder Mangan möglich sei, dass also die stark leuchtenden Kalkphosphore Gemenge aus Schwefelcalcium,

---

1) Lecoq de Boisbaudran, Compt. rend. 103. p. 468 und 629. 104. p. 1686. 105. p. 45, 206 und 1228. 106. p. 452, 1386, 1708, 1781, 1888.

2) Crookes Nature 39. p. 542.

3) E. Becquerel, Ann. chim. Phys. 57. p. 51. 1889 und La Lumière 1. p. 331. 1867.

dem wirklichen Sulfid und einem dritten Körper, der allein im Schwefelcalcium nicht wirksam ist, besteht.

Lenard's Versuche bestätigten die Behauptungen Verneuils[1]), dass die Balmain'sche Leuchtfarbe ein Wismuthkalkphosphor, sowie die Becquerel's[2]), dass Braunsteinzusätze gelbe Phosphorescenz der Leuchtsteine begünstigen, ebenso dass manganhaltiger kohlensaurer Kalk wie Doppelspath phosphorescirt.

In jüngster Zeit haben E. Wiedemann und G. C. Schmidt[3]) umfassende Versuche über Lumineszenzerscheinungen ausgeführt und dieselben nicht nur auf anorganische und feste organische Körper, sondern auch auf feste Lösungen nach van't Hoff[4]) ausgedehnt. Anschliessend an diese Arbeiten von E. Wiedemann und G. C. Schmidt habe ich auf Veranlassung des Ersteren eine weitere Reihe von festen anorganischen Körpern, festen Lösungen und organischen Substanzen auf ihre verschiedenen Lumineszenzerscheinungen untersucht und hiebei neben der Bestätigung eines grossen Theiles der Angaben von E. Wiedemann und G. C. Schmidt[5]) eine neue Reihe prächtig luminescirender Körper gefunden. Meine Resultate dürften für die Behauptung G. C. Schmidt's[5]), dass ein jeder Körper zu fluoresciren vermag, falls er in das geeignete Lösungsmittel eingebettet wird, weitere Belege liefern.

---

1) Verneuils, compt. rend. 103 p. 600. 1886.

2) E. Becquerel, La Lumière 1. p. 330. 1867.

3) E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. 54. p. 604. 1895.

4) van't Hoff, Zeitschr. f. physik. Chemie 5. p. 322. 1890.

5) G. C. Schmidt, Wied. Ann. 1896.

Untersuchte Substanzen.

Bei meinen Versuchen wurden insbesonders Sulfide, Selenide, Cyanide und Wolframate mit und ohne Zusätzen berücksichtigt, ferner versucht, Sulfaten Salze seltenerer Körper, wie Molybdaen, Beryll, Caesium, Thorium, Rubidium, Thallium, Tellur, Selen, Titan, Vanadin, Zirconium als gelöste Körper einzubetten.

Anschliessend an die Arbeit G. C. Schmidt's „Beitrag zur Kenntniss der Fluorescenz", die einen Beitrag liefert zur Kenntniss der Luminescenz von Farbstoffen, die organischen Substanzen zugesetzt waren, habe ich auch versucht, einer Gruppe wasserfreier anorganischer Körper Farbstoffe und andere organische Körper einzubetten.

Apparat.

Zur Erregung der Substanzen wurden die Kathodenstrahlen verwendet und zwar nach der Anordnung E. Wiedemann's und G. C. Schmidt's[1]).

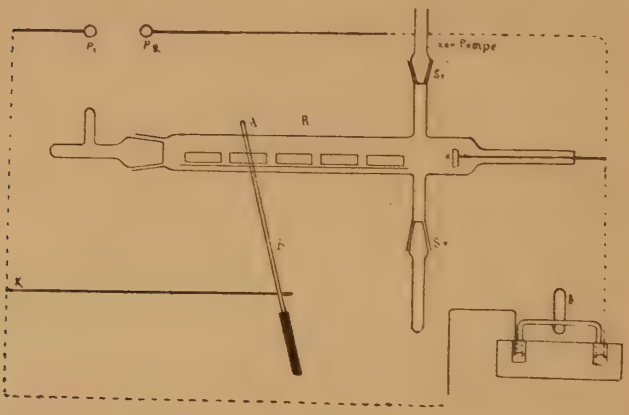
Die Kathodenstrahlen versagen fast nie in ihrer erregenden Wirkung, wohl aber das ultraviolette Licht.

Die Substanzen befanden sich in Hornringen von 3 mm Durchmesser, die auf einem Glimmerstreifen mit Wachs befestigt waren; derselbe wurde in ein 40 cm langes und etwa 3,5 cm weites Glasrohr R (vgl. Figur) eingeschoben, das an seinem einen Ende durch den eingeschliffenen und durchbohrten Stöpsel S_0 verschlossen war. Um den Stöpsel leicht herausdrehen zu können, war ein Glasrohr mit einem T-Stück angeschmolzen. Durch den Schliff S_1 war R mit einer Quecksilberluftpumpe verbunden. Zum Einlassen von Luft in das aus-

1) E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Ann. 54. p. 604. 1895

ausgepumpte Rohr R wurde der Schliff S_2 herausgezogen.

Das Rohr R enthielt nur eine Electrode e, die andere war durch einen Kupferdraht d hervorgerufen, der sich an einem isolirenden Griff auf einem isolirten mit einer Klemmschraube versehenen Metallstab k verschieben lässt. Die Elektroden e und k waren mit den Polen p_1 und p_2 einer 20plattigen Influenzmaschine von Toepler[1]) verbunden; später wurden Versuche mit einem Ruhmkorff von 20 cm Funkenlänge gemacht. Durch Verschieben von d längs des Rohres R machte man die verschiedenen Stellen derselben zur Kathode.



Bei dieser Anordnung entstehen die Kathodenstrahlen kräftig, da unter dem Einfluss der langwelligen Schwingungen des ganzen Drahtsystems elektrische Oscillationen von sehr kleiner Schwingungsdauer sich entwickeln. E. Wiedemann und H. Ebert haben gezeigt, dass

1) Die Influenzmaschine war von Herrn Professor E. Wiedemann aus Mitteln angeschafft, die der Elisabeth Thompson-Fond ihm bewilligt hatte.

solche Oscillationen in hohem Maasse Kathodenstrahlen im Rohre erzeugen.

Um ein Nachleuchten zu erkennen, schloss man den Strom plötzlich.

Zum Nachweis der Thermoluminescenz wurden die Körper nach der Belichtung durch Kathodenstrahlen in ein stark erhitztes Reagirglas geworfen.

Darstellung der untersuchten Körper.

a. Ausgangsprodukte.

Die sämmtlichen Ausgangsprodukte waren aus der Fabrik von Em. Merk in Darmstadt als purissima bezogen und wurden vor ihrer Verwendung nach den in analytischen Lehrbüchern angegebenen Methoden auf ihre Reinheit untersucht und bei den geringsten gefundenen Verunreinigungen durch Fällen, Auswaschen resp. Umkrystallisiren soweit als möglich von denselben befreit, da die geringsten Beimengungen anderer Körper die Phosphorescenzfähigkeit ändern.

Zur Darstellung der Sulfide der alkalischen Erden wurden die Oxyde resp. Carbonate, die von Verunreinigungen mit anderen Körpern möglichst befreit waren, mit Schwefel geglüht, eventuell die Sulfate mittelst Kohle zu Sulfiden reducirt.

Zur Darstellung von leuchtendem, reinem Schwefelzink, das durch seine Vorzüge bei der Untersuchung des Infraroths ein besonderes Interesse beansprucht, wurden verschiedene Methoden angewandt:

1. Erhitzen von metallischem Zink mit Zinnober,
2. von Zinkoxyd in Schwefeldampf,
3. von Zinkoxyd in Schwefelwasserstoffgas,
4. Erhitzen von Zinksulfat mit Kohle.

5. Durch Fällen mit Schwefelwasserstoffgas aus einer ammoniakalischen Lösung von Zinkchlorid, Erhitzen bis zur Weissgluth, Waschen und abermaliges Glühen.

b. Darstellung der festen Lösungen.

E. Wiedemann und G. C. Schmidt[1]) fanden, dass eine grosse Anzahl von Substanzen bei geringen Zusätzen anderer Körper in ihrer Luminescenzfähigkeit beeinflusst werden und nach van't Hoff[2]) eine „feste Lösung" bilden d. h. einen festen homogenen Complex von mehreren Körpern, deren Mengenverhältniss unter Beibehaltung der Homogenität wechseln kann.

Bei festen Lösungen wird die in grösserer Menge vorhandene Substanz als Lösungsmittel, die in kleinerer Menge als gelöster Körper betrachtet.

Die Darstellung geschah, wenn das feste Lösungsmittel und der „zu lösende Körper" im Wasser löslich waren, dadurch, dass man beide Körper im betreffenden Verhältnisse im Wasser löste und zur Trockne eindampfte. War das Lösungsmittel im Wasser unlöslich, so wurde ein lösliches Salz des betreffenden Metalles bei Gegenwart des aufzunehmenden Körpers durch ein Reagens, das einen unlöslichen Niederschlag bildet, ausgefällt. Kommen Sulfide oder Selenide als Lösungsmittel in Betracht, so wurde die genau abgemessene Lösung des Metallsalzes, gewöhnlich salpetersaures, in Alkohol verteilt, als breiiges Gemenge zugesetzt und mehrmals geglüht. Durch wiederholtes starkes Glühen wurde die Luminescenz der Körper erhöht.

Es wurde ferner den festen Lösungen noch eine dritte Substanz beigefügt, indem die geglühte feste Lösung

1) E. Wiedemann u. Schmidt, Wiedem. Ann. 54 p. 612, 1895.
2) Van't Hoff, Zeitschr. f. physik. Chemie 5 p. 322, 1890.

mit der betr. Substanz gut gemischt und dann nochmals stark geglüht wurde.

Resultate.

Die nachfolgenden Tabellen geben die Beobachtungsresultate für die Kathodolumineszenz, dem damit zusammenhängenden Nachleuchten und der Thermolumineszenz eines Theiles der untersuchten 220 Präparate an[1]).

Es bedeutet K.L. = Kathodolumineszenz,
N.L. = Nachleuchten,
Th.L. = Thermolumineszenz.

Ein Strich bedeutet, dass die betreffende Erscheinung nicht beobachtet wurde.

Tabelle I.

Sulfide.

	K.L.	N.L.	Th.L.
a) Arsen:	—	—	—
Antimon	—	—	—
b) Calcium:	weiss-gelb	lange	ja
Baryum:	gelblich-weiss	wenig	weiss
Strontium:	weiss	ja	weiss
c) Beryllium:	—	—	—
Magnesium:	röthlich-weiss	wenig	wenig
Zink[2]):	grünlich-weiss	stark	schön grün
Cadmium:	schwach-weiss	—	—
d) Kupfer:	—	—	—
Silber:	—	—	—
Quecksilber:	—	—	—

1) Der Vollständigkeit halber sind einige von E. Wiedemann und G. C. Schmidt untersuchte Körper mit aufgeführt. Wiedem. Ann. 56 p. 202, 1895.

2) Während die auf trockenem Wege dargestellten Zinksulfide nur eine schwache Phosphorescenz zeigten, phosphorescirte das auf nassem Wege bereitete stark.

e) Aluminium:	schwach	—	—
Thallium:	—	—	—
Caesium:	—	—	—
f) Zinn:	—	—	—
Blei:	—	—	—
g) Wismuth:	—	—	—
Vanadium:	—	—	—
h) Wolfram:	—	—	—
Molybdaen:	—	—	—
i) Mangan:	—	—	—
Eisen:	—	—	—
Kobalt:	—	—	—

Sämmtliche reine Sulfide zeigen nur eine schwache Kathodolumineszenz.

Es konnte somit nur bei den Sulfiden der Gruppen der Erdkalkalimetalle und des Magnesiums eine Kathodolumineszenz und Thermolumineszenz nachgewiesen werden, das Nachleuchten war anhaltend und bei einzelnen wie bei Zinksulfid von langer Dauer, während bei den Sulfiden der anderen in Betracht gezogenen Gruppen eine Lumineszenz nicht beobachtet werden konnte.

Tabelle II.

Cyanide.

	K.L.	N.L.	Th.L.
Baryum:	schwach-weiss	—	—
Zink:	—	—	—
Kupfer:	sehr schwach	—	—
Nickel:	—	—	—
Natrium:	weiss	—	—
Blei:	weisslich	—	—
Kalium:	weisslich-grün	—	—

Sämmtliche Cyanide zeigen eine schwache Kathodolumineszenz, während die Thermolumineszenz gänzlich fehlt.

Tabelle III.

Selenide.

	K.L.	N.L.	Th.L.
Kalium	grün	—	—
Natrium:	grünblau	—	—
Kupfer:	schwach-grün	—	—
Baryum:	grünlich	—	—
Blei:	dunkelblau	—	—

Die Selenide zeigen weder ein Nachleuchten noch Thermoluminescenz.

Tabelle IV.

Wolframate.

	K.L.	N.L.	Th.L.
Calcium:	blau	ja	bläulich
Baryum:	weisslich-blau	ja	ja
Strontium:	bläulich	ja	weiss
Kalium:	weissblau	ja	—
Natrium:	do.	ja	—
Zink:	—	—	—
Blei:	—	—	—
Ammonium:	schwach rosa	—	—
Mangan:	rosa	—	wenig

Die Wolframate haben sonach mit Ausnahme der Salze der schweren Metalle K L., jedoch N.L. und Th.L. nur theilweise.

Tabelle V.

Substanzen mit verschiedenen Säureradikalen.

	K.L.	N.L.	Th.L.
Li_2SO_4	schön blau	wenig	weisslich-blau
LiJ	blau	ja	bläulich
LiBr	blau	—	—
LiCl	blau	wenig	bläulich
Li_3PO_4	blau	do.	—

$LiNO_3$	—	do.	—
Li_2CO_3	—	—	—
$CaCO_3$	roth	schön	rot
$CaSO_4$	röthlich-gelb	—	sehr schwach
$CaFl_2$	bläulich	wenig	wenig
$Ca(NO_3)_2$	—	—	—
$Ca_3(PO_4)_2$	—	—	—
CdJ_2	schön weiss	—	—
$CdBr_2$	weiss	—	—
$CdSO_4$	gelb	ja	gelb
$CdFl_2$	blau	wenig	—
$CdCO_3$	—	—	—
$Cd(NO_3)_2$	—	—	—
$BaCO_3$	bläulich	—	—
$BaSO_4$	violett	—	—
$BaCl_2$	violett	—	—
$Ba_3(PO_4)_2$	—	—	—
$Ba(NO_3)_2$	—	—	—
$Sr_3(PO_4)_2$	—	—	—
$Sr(NO_3)_2$	—	—	—

Das Säureradical ist häufig von Einfluss auf Lumineszenzerscheinungen[1]), in anderen Fällen wie bei den Uransalzen und den Chininsalzen dagegen nicht (z. B. $(UO_2)(Cl)_2$ — $(UO_2)SO_4$ — $(UO_3)(NO_3)_2$ = grün. Chininsulfat — Chlorid — Bisulfat = blau).

Untersuchung von festen Lösungen.

Tabelle VI.

Sulfide als Lösungsmittel.

	K.L.	N.L.	Th.L.
CaS + Molybdaen:	weiss	ja	wenig
„ + Eisen:	sehr schwach	—	—

1) E. Wiedemann und Schmidt, Wied. Ann. 56 p. 205, 1894.

CaS +	Beryll:	schwach rosa	ja	sehr schön
„ +	Caesium:	schön weiss	ja	ja
„ +	Thorium:	rosa	wenig	weiss-rosa
„ +	Rubidium:	rosa	kaum	weiss
„ +	Magnesium:	weiss	ja	weiss
„ +	Mangan:	gelbweiss	ja	ja
„ +	Chrom:	weiss	ja	weiss
„ +	$^{15}/_{100,000}$ Cu:	blau	ja	blau
„ +	$^{8}/_{100,000}$ Cu:	schönblau	ja	blau
„ +	$^{3}/_{100,000}$ Cu:	prachtvoll blau	ja	blau
„ +	Thallium:	gelb	—	—
„ +	Zink:	weiss	ja	—
„ +	Tellur:	bläulich-weiss	—	—
„ +	Nickel:	rosaweiss	wenig	ja
„ +	Selen:	rosa	ja	weiss
„ +	Titan:	gelblich-weiss	ja	weiss
„ +	Vanadin:	schön weiss	ja	weiss
„ +	Zircon:	bläulich	ja	bläulich
„ +	Wismuth:	bläulich	ja	bläulich
„ +	Silber:	—	—	—

Baryumsulfid als Lösungsmittel:

Die festen Lösungen von Zinksulfid und Tellursulfid leuchteten gelb, von Cu roth, von Bi gelbroth und von Al blau, während Fe und Ag vernichteten.

Strontiumsulfid als Lösungsmittel:

Bi, Cr, Cu weissgrün, Pd, Va, Te, Beryll: grüngelb; mit Fe und Ag gar nicht.

Aluminiumsulfid als Lösungsmittel:

mit Cu bläulich, Mn roth, mit Fe, Bi, Wo, Ag und Te nicht.

Zinksulfid als Lösungsmittel:

mit Li, Cr, Ce grün, Mn dunkelroth, Cu blau, Fe Pb, Sr und Ag nicht.

Die übrigen gefärbten Sulfide konnten auch durch Zusätze anderer Körper nicht zum Leuchten erregt werden.

Die Luminescenz ist in hohem Grade vom Lösungsmittel abhängig.

Tabelle VII.

Selenide als Lösungsmittel:

	K.L.	N.L.	Th.L.
BaSe + Cu:	grünweiss	—	—
BaSe + Bi:	—	—	—
BaSe + Mn:	—	—	—
BaSe + Fe:	—	—	—
BaSe + Ag:	—	—	—

Tabelle VIII.

Sulfate als Lösungsmittel.

	K.L.	N.L.	Th.L.
$CaSO_4$	röthlich gelb	—	—
„ + 0,1 Mn SO_4	grün	grün	grün
„ + $CdSO_4$	schwach rosa	ja	wenig
„ + $CuSO_4$	rosa	wenig	wenig
„ + $ZnSO_4$			
„ + $NiSO_4$			
„ + $CoSO_4$			
„ + Li_2SO_4			
„ + $WOSO_4$	röthlich	ja	wenig rosa
„ + Ag_2SO_4	—	—	—

Baryumsulfat als Lösungsmittel:

$BaSo_4$ blau, mit Cr, Bi, Ytt, Ce, Pa, Ru, Al, Te, Cu, Zr, Ni, Co, Fe, Wo bläulich, mit Ag nicht.

Strontiumsulfat als Lösungsmittel:

$SrSO_4$ sehr schwach rosa, mit Mn röthlich, mit Cu, Ni, Zn, Cr, Wo wenig blau, mit Ur gelblich, mit Ag und Fe gar nicht.

Magnesiumsulfat als Lösungsmittel:

$MgSO_4$ roth, mit $MnSO_4$ schön roth, mit Cd schön gelb, mit Ni, Co gelblich, mit Bi, Cr, Li, Ur, Pd, Cu, Cs, Vd, Be, Zr hellblau, mit Fe, Te, Ag nicht.

Lithiumsulfat als Lösungsmittel:

Li_2SO_4 schön blau, mit Cu blau, mit Mn röthlich, mit Fe gelb, mit Ag nicht.

Cadmiumsulfat als Lösungsmittel:

$CdSO_4$ gelb, (das Jodid leuchtet weiss, Nitrat und Carbonat gar nicht) mit Fe, Be, Ur, Li, Cr, Ni, Cae, Bi, Wo, Mn, Zr, Co gelblich, mit Se und Vd lila, mit Ag nicht.

Verschiedene Zusätze ändern die Luminescenzfarbe, Silber tötet dieselben.

Tabelle IX.

Aluminiumsalze.

	K.L.	N.L.	Th.L.
Al_2O_3	—	—	—
Al_2O_3 + Cr	roth	ja	ja
Al_2O_3 + Cu	bläulich grün	—	—
Al_2O_3 + Mn	grün	ja	grün
Al_2O_3 + Wo	gelbroth	ja	wenig
Al_2O_3 + Fe	weiss	ja	—
Al_2S_3	—	—	—
Al_2S_3 + Bi	—	—	—
Al_2S_3 + Cu	bläulich		

Tabelle X.

Wismuthsalze.

	K.L.	N.L.	Th.L.
Bi_2O_3	blau	—	—
Bi_2O_3 + Zn	—	—	—
Bi_2O_3 + Mn	—	—	—

	K.L.	N.L.	Th.L.
Bi_2S_3 + Cu	—	—	—
Bi_2S_3 + Fe	—	—	—
Bi_2S_3 + Wo	—	—	—

Es wird somit die Luminescenz des Wismuthtrioxyds durch Zusätze vernichtet, N.L. und Th.L. fehlt.

Tabelle XI.

Wolframsalze.

	K.L.	N.K.	Th.L.
$CaWO_4$:	blau	—	—
$CaWO_4$ + Cu	blau	—	—
$CaWO_4$ + Mn	rosa	—	—
$BaWO_4$	weiss	—	—
$BaWO_4$ + Cu	blau	—	—

K.L. und N.L. fehlt stets.

Organische Substanzen.

Anschliessend an die Arbeit über Luminescenz fester organischer Substanzen von E. Wiedemann und G. C. Schmidt[1]) dehnte ich die Versuche auch auf folgende Körper aus:

	K.L.	N.L.	Th.L.
Haematoxylin:	schwach-roth	—	—
Phenacetin:	—	—	—
Sulfanilsäure:	gelblich	ja	—
Phenylendiamin:	—	—	—
Phloroglucin:	bläulich	—	—
Eikonogen:	blau	—	—
Paramidophenol:	—	—	—
Coffeïn:	schwach-rosa	ja	—
Antipyrin:	—	—	—
Glycin:	—	—	—

1) E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Ann. 56/18. 25. 1896.

	K.L.	N.L.	Th.L.
Harnstoff:	—	—	—
Resorcin:	weiss	—	—
Acetanilid:	blau	etwas	—

Bei einer grossen Reihe Theerfarbstoffe (Gruppe der Rosanaline, Azofarbstoffe, Phenolfarbstoffe, Phtaleine, Naphtaline und Anthracenfarbstoffe), die in Gelatine eingebettet waren, sowie bei sämtlichen Kohlenhydraten zeigte sich keine Kathodoluminescenz.

Eine Thermoluminescenz konnte bei keinem dieser Körper beobachtet werden und dürfte im Zusammenhang mit den Resultaten E. Wiedemann's und G. C. Schmidt's nachgewiesen sein, dass organische Körper bei gewöhnlicher Temperatur eine Thermoluminescenz nach dem Erregen nicht besitzen.

b) Substanzen, die die Benzylgruppe $G_6H_5—CH_2$ enthalten.

Durch einen Versuch W. A. Popes[1]) aufmerksam gemacht, der bei Saccharin eine Triboluminescenz fand, untersuchte ich folgende Körper der gleichen Gruppe auf die gleiche Eigenschaft, konnte dieselbe jedoch nur bei Hippursäure in sehr starkem Grade nachweisen. Der Nachweis geschah durch Zerreiben in einem Achatmörser. Nötig ist es, die Körper durch Behandeln mit Aceton in krystallinischen Zustand zu überführen. Eine Änderung des Krystallsystems nach dem Aufleuchten konnte nicht beobachtet werden.

	K.L.	N.L.	Th.L.	Triboluminescenz.
Benzophenon:	grünlich	—	—	—
Phenylthiocarbamid:	—	—	—	—

1) A. Pope, Zeitschrift für Krystallographie von P. Groth 25. 6. p. 567.

	K.L.	N.L.	Th.L.	Triboluminescenz
Vanillin				
Saccharin:	—	—	—	stark
Benzoesäure:	grün	—	—	—
Salicylsäure:	weisslichblau	ja	—	—
Gallussäure:	bläulich	—	—	—
Tannin:	—	—	—	—
Hippursäure:	grünlich	—	—	sehr stark

Eine Thermolumineszenz war nicht nachzuweisen.

Ergebnisse.

Gefärbte Sulfide phosphorescirten in geringerem Maasse als die weissen.

Während bei den Versuchen E. Wiedemann's und G. C. Schmidt's mit festen Lösungen ein Zusatz von Eisen, Kupfer u. a. die Kathodolumineszenz herabsetzte, trat in vielen Fällen bei meinen Versuchen eine Heraufsetzung ein (z. B. $CaS+Cu-Li_2 \cdot SO_4+FeSO_4$ - $CaS+Ni-CaSO_4+NiSO_4-BaSO_4+NiSO_4$), so dass nicht etwa den Metallen Eisen, Kupfer und Nickel eine spezifisch vernichtende Wirkung zukommt, sondern ihre Wirkung vom Lösungsmittel, in dem sie sich befinden, abhängt.

Je grösser die Menge des zugesetzten gelösten Körpers, desto geringer die Phosphorescenz (z. B. $CaS+CuS-CaSO_4+Li_2SO_4-SrSO_4+CrSO_4$).

Während manche Körper die Phosphorescenz herabmindern, ja sogar vernichten, setzen andere dieselbe hinauf oder bleiben ohne jeglichen Einfluss, so insbesondere Farbstoffe und organische Körper.

Silbersalze waren durch Zusätze nicht nur nicht zum Leuchten zu bringen, sondern vernichteten als ge-

löste Körper zugesetzt, jede Kathodo- und Photo-Luminescenz.

Das Säureradikal ist nur von Einfluss auf die Intensität des Lichtes, und zwar leuchten die Phosphate und Nitrate am wenigsten.

Durch Glühen der Körper wurde die Leuchtkraft wesentlich erhöht und besonders die Zeitdauer des Nachleuchtens wesentlich gesteigert.

Waren Sulfide als Lösungsmittel bei festen Lösungen verwendet, so trat durch Zusatz von Na_2SO_4—$Na_2S_2O_3$—NaFl eine Erhöhung der Luminescenz ein, während ein Zusatz von Chloriden und Cyaniden die Luminescenz herabminderte oder vernichtete.

Cyanide und Selenide zeigen weder Nachleuchten noch Thermoluminescenz.

B. Photoluminescenz.

Ein Theil der auf ihre Kathodoluminescenz untersuchten Substanzen wurde noch auf Photoluminescenz und nach der Belichtung durch Sonnenstrahlen auf Thermoluminescenz geprüft.

Neben einer Gruppe einfacher Körper und fester Lösungen von anorganischen Substanzen wurde versucht feste Lösungen herzustellen durch Einbetten von organischen Körpern, insbesondere Theerfarbstoffen, in anorganische Körper. G. C. Schmidt[1]) hat nachgewiesen, dass Anilinfarbstoffe, die bei ausnehmend grossem Absorptionsvermögen in keinem flüssigen Lösungsmittel eine Fluorescenz zeigen, mit verschiedenen festen organischen Körpern homogene Gemische bilden, die sind eben-

1) G. C. Schmidt, 1896, Beiträge zur Kenntniss der Fluorescenz.

falls als feste Lösungen aufzufassen, da durch die Einbettung der Anilinfarbstoffe die Phosphorescenzfarbe des reinen Lösungsmittels sich änderte.

Methode.

Zum Nachweis der Photoluminescenz wurde das von E. Wiedemann[1]) konstruirte Phosphoroscop, in das die von einem Heliostaten kommenden durch eine Linse konzentrierten Sonnenstrahlen geworfen wurden, benützt, und zwar mit einer Einrichtung für seitliche Belichtung, da die zur Untersuchung gelangenden Substanzen undurchsichtig waren.

Untersuchte Körper.

K.L. = Kathodoluminescenz. Ph.L. = Photoluminescenz.

Tabelle I.

Einfache Körper.

	K.L.	Ph.L.
Calciumsulfid:	gelblichweiss	—
Calciumsulfat:	röthlich	—
Baryumsulfid:	—	—
Baryumsulfat:	blauviolett	—
Strontiumsulfid:	weissgrün	blau
Strontiumsulfat:	grünlich	—
Zinksulfid:	schneeweiss	weiss
Zinksulfat:	—	—
Calciumwolframat:	blau	weiss
Natriumwolframat:	—	grünlich
Baryumwolframat:	—	gelblich
Wismuthwolframat:	—	gelblich
Wolframbronce:	—	—

1) E. Wiedemann, Wiedem. Ann. 34 p, 450. 1888.

	K.L.	Ph.L.
Ammoniumwolframat:	—	gelbgrün
Zinkwolframat:	—	grün
Bleiwolframat:	gelb	gelb
Manganphosphat:	—	grünlich
Aluminiumoxyd:	wenig	bläulich
Berylliumsulfid:	—	—
Schwefelsilber:	—	—
Cadmiumsulfat:	weiss	weiss
Bleisulfid:	—	—
Tellurnatrium:	silberweiss	weisslich
Bleichlorid:	weissblau	bläulich
Magnesiumoxyd:	—	—
Magnesiumsulfat:	röthlich	—
Selennatrium:	grünlich	—
Berylliumoxyd:	weiss	weiss
Cyankalium:	grünlichweiss	weiss
Rubidiumsulfat:	grünweiss	—
Molybdänsulfid:	—	—
Wismuthoxyd:	blau	blauweiss
Lithiumsulfid:	blau	blau

Tabelle II.

Feste Lösungen.

	K.L.	Ph.L.
$CaS+CuS$	schönblau	blau
$CaS+MnS$	weiss	weiss
$CaS+NiS$	rosa	weiss
$CaS+FeS$	bläulich	weiss
$CaS+Fe_2S_3$	—	—
$CaS+Bi_2S_3$	blau	blau
$CaSO_4+MnSO_4$	prachtvollgrün	schön grün
$BaS+Ag_2S_3$	—	—

	K.L.	Ph.L.
BaSe+BiSe	grünlich	grün
BaSe+CuSe	grün	grün
SrS+PdS	grünlich	grüngelb
SrS+Bi_2S_3	grün	weisslichgrün
SrS+TeS	prachtvollgrün	schön grün
SrS+CrS	grünlich	gelb
SrS+Ag_2S	schwachgelb	—
SrS+VdS	gelb	gelblichgrün
Al_2O_3+CuO	grün	weisslichgrün
Al_2O_3+Cr_2O_3	blaugrün	—
$ZnSO_4$+$FeSO_4$	—	—
$ZnSO_4$+0,1% $MnSO_4$	schönroth	roth
$ZnSO_4$+0,05% $MnSO_4$	roth	roth
$ZnSO_4$+$CuSO_4$	blau	—
$ZnSO_4$+$CdSO_4$	blau	—
ZnS+Ag_2S	bläulich	weiss
ZnS+MnS	dunkelroth	roth
ZnS+CrS	grün	schwach
ZnS+WoS	weiss	weiss
ZnS+CuS	hellblau	weiss
Ag_2S+CuS	—	—
$MnSO_4$+$MnWO_4$	—	—

Nachfolgende wasserfreie Körper wurden nach Zusatz von Theerfarbstoffen auf K.L. und Ph.L. untersucht:

Tabelle III.

Luminescenz der reinen Lösungsmittel.

Substanz.	K.L.	Ph.L.
Bleichlorid:	weissgelb	schwachweiss
Wismuthoxyd:	blau	—
Aluminiumoxyd:	bläulich	schwachblau
Magnesiumoxyd:	bläulich	schwach

	K.L.	Ph.L.
Fluorcalcium:	bläulich	schwachweiss
Schwefelzink:	grünlichweiss	weiss
Strontiumsulfat:	rosa	—

Tabelle IV.

Luminescenz von festen Lösungen.

Eosin.

Lösungsmittel:	K.L.	Ph.L.
Bleichlorid:	weissgelb	—
Wismuthoxyd:	—	—
Aluminiumoxyd:	—	—
Magnesiumoxyd:	weisslichblau	—
Fluorcalcium:	bläulichgrün	schwachweiss
Schwefelzink:	violett	schwachblau
Strontiumsulfat:	blau	schwachweiss

Chrysanilin.

	K.L.	Ph.L.
Bleichlorid:	weiss	—
Wismuthoxyd:	—	—
Aluminumoxyd:	—	—
Magnesiumoxyd:	weissblau	weiss
Fluorcalcium:	bläulichgrün	grünlichweiss
Schwefelzink:	blauweiss	weiss
Strontiumsulfat:	blau	schwachweiss

Magdalaroth.

Lösungsmittel:	K.L.	Ph.L.
Bleichlorid:	weiss	—
Wismuthoxyd:	—	—
Aluminiumoxyd:	—	—
Magnesiumoxyd:	bläulich	weiss
Fluorcalcium:	grün	grünlichweiss
Schwefelzink:	weissgrün	weiss
Strontiumsulfat:	blau	schwach

Modebraun.

	K.L.	Ph.L.
Bleichlorid:	weiss	—
Wismuthoxyd:	weiss	—
Aluminiumoxyd:	—	—
Magnesiumoxyd:	blauweiss	weiss
Fluorcalcium:	grün	grünlich
Schwefelzink:	weissgrün	weiss
Strontiumsulfat:	blau	wenig

Hoffmanns Violett.

	K.L.	Ph.L.
Bleichlorid:	weiss	—
Wismuthoxyd:	weiss	—
Aluminiumoxyd:	—	—
Magnesiumoxyd:	blauweiss	weiss
Fluorcalcium:	grün	grünlich
Schwefelzink:	weissgrün	weiss
Strontiumsulfat:	blau	blauweiss

Fluorescin.

	K.L.	Ph.L.
Bleichlorid:	weiss	—
Wismuthoxyd:	—	—
Aluminiumoxyd:	—	—
Magnesiumoxyd:	blau	wenig blau
Fluorcalcium:	bläulich	weiss
Schwefelzink:	grün	weissgrün
Strontiumsulfat:	weissgrün	weiss

Tabelle V.

Substanz:	K.L.	Ph.L.
Benzoesäure:	hellgrün	—
β-Naphtol:	rosa	—
Chininsulfat:	blau	blau

	K.L.	Ph.L.
Bleichlorid u. Benzoësäure:	weiss	weiss
Bleichlorid u. Chinin:	blauweiss	weiss
Magnesiumoxyd u. β-Naphtol:	blau	—
Strontiumsulfat u. β-Naphtol:	blau	—
Baryumsulfat u. β-Naphtol:	schwachblau	ja
Fluorcalcium u. Benzoesäure:	blau	weiss
Fluorcalcium u. β-Naphtol:	grünlichweiss	weiss
Zinksulfid u. Chinin:	grünweiss	weiss
Zinksulfid u. Benzoesäure:	grünweiss	weiss
Zinksulfid u. β-Naphtol:	grünlichweiss	weiss
Aluminiumoxyd u. Chinin:	bläulich	weiss
Wismuthoxyd u. Chinin:	bläulich	weiss

Versuchsergebnisse:

Aus obigen Versuchen ist ersichtlich, dass ein grosser Teil der durch Kathodenstrahlen zum Leuchten erregten Körper diese Eigenschaft jedoch in geringerem Grade, auch unter Sonnenlicht zeigt, während Körper, denen die Eigenschaft der Kathodolumineszenz abgeht, oft auch im Sonnenlicht nicht leuchten. Während bei der Belichtung mit Kathodenstrahlen häufig Thermolumineszenz auftritt, wurde dieselbe nach der Belichtung mit Sonnenstrahlen selten beobachtet, ebenso fand ein nur schwaches Nachleuchten statt.

Die als Lösungsmittel zu betrachtenden anorganischen Körper änderten ihre Luminescenzfarbe nicht oder kaum merklich nach Zusatz von organischen Körpern. Das gleichmässige Leuchten der Substanzen bewies die gleichmässige Vertheilung des Farbstoffes.

Die Fluorescenzfähigkeit von Farbstoffen bleibt nur solange erhalten, als dieselben gelöst sind, während bei einfach gefärbten Körpern, wenn also eine chemische

Umlagerung nicht stattgefunden hat, nur Adsorptionsvorgänge vorliegen [1]); ebenso verhielten sich die übrigen organischen Substanzen. Es dürften daher die Einbettungen von organischen Substanzen in anorganische „als feste Lösungen“ nicht aufzufassen sein.

Resultate:

1. Viele reine anorganische Körper zeigen eine intensive Kathodolumineszenz und zum Theil auch Thermolumineszenz.

2. Eine schöne Kathodo- und Thermolumineszenz zeigen noch eine Reihe fester Lösungen im Sinne van't Hoff's.

3. Die Lumineszenz ist von der Konzentration abhängig.

4. Zusätze sind von Einfluss auf die Lumineszenz sowohl in Bezug auf Farbe, als auf die Stärke.

Dieselben können die Lumineszenz steigern, herabmindern und gänzlich vernichten und kommt diese letztere Eigenschaft den Silbersalzen zu. Die kleinsten Verunreinigungen ändern die Lumineszenz.

5. Das Nachleuchten der Körper hängt mit der Temperatur bei der Darstellung zusammen; stark geglühte Körper leuchten am längsten nach.

6. Die Lumineszenz wird bei festen Lösungen durch Zusatz eines dritten Körpers gesteigert oder vermindert.

7. Die Lumineszenzfarbe von Salzen des gleichen Metalles sind meist ähnlich und übt das Säureradikal nur auf die Stärke des Lichtes Einfluss aus. Nur wenige Phosphate und Nitrate leuchten.

8. Theer-Farbstoffe fluoresciren nur im gelösten Zustande.

---

1) G. C. Schmidt, Zeitschrift f physik. Chemie, 15, p. 56, 1894.

9. Zusätze von organischen Körpern zu anorganischen Substanzen üben einen Einfluss auf die Luminescenz nicht aus.

10. Triboluminescenz zeigen Körper nur im krystallisirten Zustande.

11. Nach Erregung durch Sonnenlicht tritt Thermoluminescenz selten ein.

12. Organische Körper besitzen keine Thermoluminescenz.

13. Fast alle unter dem Kathodenlichte leuchtenden Körper leuchten auch unter dem Sonnenlichte, die Farbe ist bei verschiedenen Arten der Bestrahlung häufig dieselbe.

14. Fast jeder Körper ist zum Leuchten zu bringen, wenn er in ein geeignetes Lösungsmittel eingebettet wird.

II. Ueber Roentgen-Strahlen.

Einleitung.

Während ich mit der vorstehenden Arbeit beschäftigt war, erregte die Entdeckung einer neuen Art von Strahlen durch Professor von Roentgen[1]) das lebhafteste Interesse. Da es nach den bisherigen Versuchen möglich erscheint, dass die Roentgen- und die Kathodenstrahlen verwandt sind, so dehnte ich meine Versuche auch auf die Einwirkung dieser auf feste Lösungen aus. Zugleich habe ich über eine Reihe von anderen Lichterzeugungen Versuche angestellt[2]).

Die X-Strahlen verdanken ihre Entstehung gewiss der elektrischen Erregung in Hittorf'schen hochverdünnten Röhren. Bereits E. Wiedemann und Ebert[3])

1) W. Roentgen, eine neue Art von Strahlen I und II 1896.

2) Arnold, Ztschr. f. Electrochemie (602). 1896. — Apothekerzeitung 37. 38. Südd Apothekerzeitung 37. 1896. — Vortrag in Landshut 1896. Zu den Arbeiten sei bemerkt, dass es manchmal schwer ist über Prioritätsansprüche zu entscheiden, da dieselben nur auf der grösseren Leichtigkeit beruhen, mit welcher dem einen oder anderen eine schnelle Publikation in Zeitschriften oder wissenschaftl. Gesellschaftsberichten möglich ist (siehe Wiedemann, Beiblätter z. d. Annal. 20. H. 5 S. 81 Anmerkung). Ich möchte daher für die im Folgenden mitgeteilten Resultate im Einzelnen nicht die Priorität in Anspruch nehmen, aber betonen, dass sie unabhängig erzielt wurden.

3) E. Wiedemann und Ebert, Physik. med. Societät in Erlangen 14. XII. 91.

haben gefunden, dass Kathodenstrahlen durch dünne Metallschichten, die für das Licht undurchsichtig sind, dringen; dasselbe Resultat hat auf anderm Wege gleichzeitig Hertz[1]) gefunden.

Anknüpfend an diese Versuche hat dann Lenard[2]) nachgewiesen, dass Kathodenstrahlen durch ein kleines in die Glaswand der Röhre eingesetztes Aluminiumfenster in den ausserhalb der Röhre befindlichen Raum treten, und konnte man die Wirkung der Strahlen in verdünnten Gasen auf lange Strecken verfolgen, am weitesten im Wasserstoff, während feste Körper die Strahlen entsprechend ihrer Dicke schwächten. Die Kathodenstrahlen bringen die Luft zu mattem Leuchten, indem ein Schimmer bläulichen Lichtes das Fenster umgibt, aber ebenso phosphorescenzfähige Körper, die in dem ihnen eigenthümlichen Lichte leuchten und zwar von gleicher Farbe und Helligkeit, wie im evacuirten Rohre.

Lenard zeigte ferner, dass die Kathodenstrahlen auf die Haut und das Auge keinerlei Empfindung hervorbringen und auf licht empfindliche Platten photographisch zersetzend wirken, Eigenschaften, die sie mit den X-Strahlen gemeinsam haben, ebenso wie die geradlinige Ausbreitung.

Roentgen schliesst sich der Auffassung, dass die X-Strahlen ultraviolettes Licht seien, nicht an, da den X-Strahlen die Eigenschaft abgeht, gebrochen und reflektirt zu werden, dieselben durch gebräuchliche Mittel nicht polarisirt werden, und die Absorption in erster Linie von der Dichte der Körper abhängt; er bewies ferner den Unterschied von den Kathodenstrahlen,

1) H. Hertz, Wiedem. Ann. 45 p. 31, 1892.
2) Ph. Lenard, E. Wiedem. Ann. 51, p. 225, 1894.

da sie durch den Magneten nicht ablenkbar sind und weit in die Atmosphäre ohne Absorption eindringen.

Meine Versuche erstrecken sich auf die X-Lumineszenz, Durchlässigkeit für X-Strahlen von verschiedenen Körpern der anorganischen und organischen Reihe, die Wirkung auf Bacterien, sowie die Anwendung bei Untersuchung von Genuss- und Gebrauchsgegenständen, Erhöhung der Einwirkung der X-Strahlen auf photographische Platten und vergleichende Versuche zwischen Roentgen- und Kathodenstrahlen.

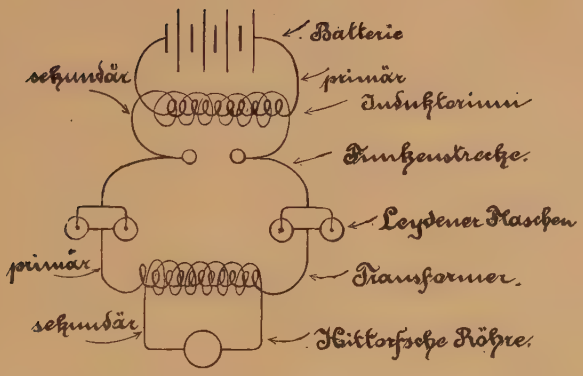
Methode.

Die Versuche wurden mit einem Ruhmkorff von 20 cm Funkenlänge ausgeführt; als Entladungsröhren wurden solche von birnförmiger Gestalt, in denen die Kathode ein Platinblech, die Anode ein Platindraht war, oder kolbenförmige, in denen die Anode durch einen Ring aus Aluminium hergestellt war, angewandt; später wurden die Entladungsröhren nicht durch ein einfaches Inductorium, sondern nach W. König durch einen Tesla Transformator[1]) erregt.

Das Charakteristische bei der Tesla'schen Anordnung ist die hohe Spannung und die sehr grosse Wechselzahl der benützten Wechselströme. Die Pole des Inductoriums wurden mit den inneren Belegen von 4 (je 2 miteinander verbundenen) Leydener Flaschen und zugleich mit einem Funkenmikrometer, die äusseren Belege mit der primären Spule eines Tesla'schen Transformators verbunden und zu der Hittorf'schen Röhre geleitet.

---

1) Berichte der physik. Gesellschaft Berlin 15 N. 2. u. Himstedt, Wiedem. Ann. 52 p. 473, 1894.



Bei Anwendung des Teslastromes betrug die maximale Funkenstrecke 3 mm zwischen den Zinkelectroden des Funkenmikrometers. An Stelle der gewöhnlichen Hittorf'schen und Crookes'schen Rohre wurde eine kugelförmige Röhre[1]) benützt, bei der beide Electroden hohlspiegelartige Aluminiumbleche sind[2]), deren Axen einen rechten Winkel mit einander bilden, während im gemeinschaftlichen Krümmungswinkel ein die Kathodenstrahlen auffangendes Platinblech angebracht war. Durch Ueberkleben mit lichtempfindlichem Papier konnte festgestellt werden, dass die Strahlen sämmtlich von der Mitte des Platinbleches auszugehen scheinen.

Ein von Reiniger, Gebbert & Schall in Erlangen als RGS.-Instrumentarium gefertigter Apparat mit Teslastrom nach der Anordnung von Prof. Koenig ergab mit einem kleinen Inductorium sehr gute Resultate. Dasselbe besteht aus einem kastenförmigen Untersatz, in dem die Condensatoren liegen, auf demselben befindet sich ein kleines Inductorium von 3 cm Funkenlänge mit Ausschalter, einem Funkenmikrometer und einem Trans-

1) von Goetze-Leipzig und Geissler-Berlin verfertigt.

2) von Roentgen, neue Art von Strahlen II, q.

formator; das Instrumentarium zeichnet sich durch einfache Construction und günstige Anordnung der einzelnen Theile aus (siehe Tafel).

I.

Luminescenz unter dem Einfluss von X-Strahlen.

Methode: Zur Ausführung der Versuche wurde eine birnförmige Crookes'sche Röhre in einen lichtdichtschliessenden Pappkasten gebracht und dieser wieder in einen lichtdichten Pappkasten, der gross genug war, um etwa 10 cm unter der Röhre die Leuchtkörper anzubringen; mittelst einer erbsengrossen Oeffnung wurde dann im Dunkelraume das Leuchten beobachtet; zur Controlle wurden die Körper in einer Hülse von 5 cm aus schwarzem Carton auf einem Korke befestigt und mittels eines Spaltes von 4 mm Länge und 2 mm Breite beobachtet.

Zahlreiche Körper wurden unter dem Einfluss der Roentgen-Strahlen auf ihre Luminescenz untersucht. Es ergab sich übereinstimmend theilweise mit den Versuchen anderer, dass sehr schön leuchten Baryumplatincyanür, Kalium- und Magnesiumplatincyanür, Scheelit, Cupro-Scheelit, wolframsaures Calcium, Mangan und Urandoppelsalze; schwach leuchteten: Schwefelbaryum, Schwefelzink, Balmainsche Leuchtfarbe.

Besonderes Interesse dürften die Versuchsergebnisse an den Wolframaten[1]) beanspruchen. Der in Lehrbüchern als Calciumwolframat bezeichnete Scheelit leuchtet sehr hell, dagegen leuchtet schwächer frisch bereitetes, völlig reines, geglühtes Calciumwolframat; gar nicht leuchteten die Wolframate von Wismuth,

1) Arnold, Apoth.-Ztg. 37. 1896.

2) Edison, Nature 53 p. 470.

Natrium, Kalium, Baryum, Strontium, Zink sowie Wolframit, Ferberit, und die verschiedenen Wolframbroncen. Durch Glühen des wolframsauren Calciums in im Knallgasgebläse wurde die Wirkung bedeutend erhöht. Eine feste Lösung von Kupferwolframat in Calciumwolframat leuchtete ebenso schön wie der Scheelit.

Zur Darstellung dieser festen Lösung wurde wolframsaures Calcium mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupfer in Alkohol gemischt und im Hempel-Ofen geglüht.

Mit dem hell leuchtenden Scheelit liess sich zeigen, dass von der Auftreffstelle der Kathodenstrahlen nicht nur nach unten, sondern auch nach oben und nach den Seiten hin Roentgen X-Strahlen ausgehen.

Durchlässigkeit von Substanzen für die X-Strahlen.

Methode.

Die Substanzen wurden in 3 mm dicken Schichten in Papierschiffchen von 2 cm Dm., wie sie zur Untersuchung in den Kathodenstrahlen angewandt, ausgebreitet, direkt auf eine in schwarzes Mattpapier gewickelte Obernetter'sche Trockenplatte gelegt und dann 30 Minuten lang bei einer Entfernung von 20 cm von der Crookes'schen Röhre den X-Strahlen ausgesetzt; zum Vergleich wurde stets ein leeres Papierschiffchen mit eingelegt. Sehr praktisch zur Beobachtung erwiesen sich Hornringe, die mittels Klebwachs auf eine sehr dünne Schicht Papier befestigt und in gleichmässigen Schichten mit der Substanz gefüllt waren. Bei den festen Substanzen wurde ein dünnes Blatt Papier zum Vergleich der Felder benützt und gefunden, dass auf die von diesem bedeckte Stelle die Einwirkung gleich der auf die leeren Felder der Platte war.

Zur Untersuchung von Flüssigkeiten wurden Reagens-Gläser von 9 cm Länge und 0,5 cm Dm. von sehr dünnem Glas benützt: zur Controlle ein mit Wasser gefülltes und ein leeres Glas eingelegt.

Die Versuche wurden mit birnförmigen Röhren, von Geissler-Berlin geliefert, ausgeführt: gleiche Resultate wurden mit Röhren „Modell Urania" erhalten. Das Glas der Röhren soll möglichst frei von schweren Metallen sein, da dieselben die Durchlässigkeit herabmindern.

Der zu den obigen Versuchen benützte Ruhmkorff'sche Apparat hatte eine Funkenstärke von 20 cm.

Die nachstehende Liste der Substanzen entspricht der Reihenfolge der zunehmenden Undurchlässigkeit für X-Strahlen [1]).

Tabelle I.

a) Fast vollständig durchlässige Körper:

Papier,	Benzolderivate, Alkaloide,
Diamant,	Schellak,
Russ,	Gelatine,
Kohle,	Kaolin,
Graphit,	Leim,
Mellit,	Kohlenhydrate,
Paraffin, Wachs,	Saccharin,
Anilinfarben,	Vanillin,

Hölzer und Wurzeln: 1) Kiefern, 2) Tannen, 3) Buche, 4) Quajak, 5) Rhabarber, 6) Eichen, 7) Sassafras, 8) Fernambuk, 9) Jalappenknollen, 10) Fichten. (Die Markstrahlen und Fasern waren wahrnehmbar).

Gummi-Arten,

Kautschuk,

1) Die Krystalle waren stets gleich dick.

b) Weniger durchlässig bis zur fast völligen Undurchlässigkeit:

1) Borax,
Korund,
Aluminium und Aluminiumsalze,
Honigstein,
Elfenbein,
Zinksulfat,

2) Magnesium-Platincyanür,
Hyalit,
Apophyllit,
Talk,

3) Phenazit,
Chrysoberyll,
Rubin,
Beryll,
Kobaltoxyd,
Rutil,
Spinell,
Opal.

4) Quarz,
Idokras,
Arragonit,
Epidot,
Kaliumbichromat,
Topas,
Citrin, Turmalin,
Brookit, Meerschaum,
Steinsalz,
Ferrocyankalium,

5) Andalusit,
Pistazit,
Diopsid,
Adular,
Topas,
Smaragd,
Dioptas,
Schwefel, (monoklin, rhombisch u. amorph.)
Almandin,

6) Coelestin, Hyacinth,
Anhydrit,
Uebermangansaures Kali,
Marmor,
Kreide,
Koralle,
Auripigment,
Kalkspath,
Flussspath,
Strontianit,
Witherit,
Cerussit,
Phosphorit,
Dolomit,
Pennin, Thon,
Kupfer, Zinn,
Stahl, Silber,
Blei, Gold,
Quecksilber, Zink,
Platin.

Die Mineralien waren der Sammlung des physik. Instituts zu Erlangen entnommen.

Tabelle II.

Die Salze verschiedener Metalle mit gleichen electronegativen Bestandtheilen ordnen sich nach der Absorptionsfähigkeit wie folgt:

Ammonium — Lithium — Bor — Beryllium — Yttrium — Silicium — Magnesium — Aluminium — Natrium — Kalium — Selen — Tellur — Arsen — Phosphor — Calcium — Eisen — Kobalt — Zink — Kupfer — Baryum — Strontium — Zinn — Wismuth — Blei — Platin — Quecksilber.

Es dürfte somit das Absorptionsvermögen mit den Atomgewichten gehen[1]).

Tabelle III.

War das Säureradikal des Salzes ein verschiedenes, so zeigten sich leicht merkbare Unterschiede; es wurden untersucht Abkömmlinge des Eisens, Kaliums, Zinks und Quecksilbers. Sie ordnen sich nach der Durchlässigkeit:

a) 1. Eisencarbonat,
2. Eisenchlorid,
3. Eisenphosphat,
4. Eisensulfat,
5. Eisenarseniat,

b) 1. Kaliumcarbonat,
2. Kaliumbicarbonat,
3. Kaliumsulfat,
4. Chlorkalium,
5. Bromkalium,
6. Jodkalium,

c) 1. Zinkcarbonat,
2. Zinksulfat,
3. Zinkchlorid,

d) 1. Cyanquecksilber,
2. Quecksilbernitrat,
3. Quecksilberchlorür,
4. Quecksilberchlorid,
5. Quecksilberoxyd,
6. Quecksilberjodür,
7. Quecksilberjodid.

1) Vgl. auch: Novack und v. Sulc, Ztschr. f. physik. Chemie 19, p. 489. 1896.

Tabelle IV.

Bei vergleichenden Versuchen mit Salzen derselben Säure zeigte sich gewöhnlich das Verhalten der Elemente:

a) 1. Natriumwolframat,
2. Kaliumwolframat,
3. Manganwolframat,
4. Calciumwolframat,
5. Strontiumwolframat,
6. Zinkwolframat,
7. Wolframbronce.

b) 1. Ammoniumsulfat,
2. Magnesiumsulfat,
3. Aluminiumsulfat,
4. Natriumsulfat; Natriumthiosulfat,
5. Kaliumsulfat,
6. Calciumsulfat,
7. Strontiumsulfat,
8. Baryumsulfat,
9. Zinksulfat,
10. Quecksilbersulfat.

Tabelle V.

Dimorphe und trimorphe Körper.

Dimorphismus und Trimorphismus bedingt nur ganz geringe Unterschiede in der Durchlässigkeit.

Kohlenstoff: 1. Diamant,
2. Russ,
3. Kohle,
4. Graphit.

Schwefel: 1. monokliner Schwefel,
2. rhombischer Schwefel,
3. amorpher Schwefel.

Kohlens. Kalk: 1. Kalkspath,
2. Arragonit.

Tabelle VI.

Isomorphe Körper.

Bei isomorphen Substanzen ist das Metall massgebend.

1. Magnesiumcarbonat,
2. Mangancarbonat,
3. Calciumcarbonat,
4. Eisencarbonat,
5. Zinkcarbonat.

Tabelle VII.

Feste Lösungen nach van't Hoff.

$CaSO_4 + x\,MnSO_4$
$CaSO_4 + x\,ZnSO_4$
$CaSO_4 + x\,CuSO_4$
$CaSO_4 + x\,Li_2SO_4$
$CaSO_4 + x\,CdSO_4$

} absorbirten gleich stark. x = kleinster Bruchtheil.

Gleiches Verhalten zeigten mit Zink-, Calcium- und Baryumsulfid hergestellte feste Lösungen.

Tabelle VIII.

Organische Körper.

Sämmtliche untersuchten organischen Körper waren durchlässig.

Benzylgruppe: Benzoesäure,
Salicylsäure,
Hippursäure,
Saccharin.

Alkaloide: Chinin,
Coffein,
Morphin.

Kohlenhydrate: Traubenzucker,
Milchzucker,
Rohrzucker, Stärke,
Dextrin.

Säuren: Oxalsäure,
Weinsteinsäure,
Citronensäure.

Phenole: Phenol,
Resorcin,
Hydrochinon,
Brenzcatechin,
Pyrogallol.
Anthracen: Naphtalin, Naphtol.

Antipyrin, Phenacetin und andere waren völlig durchlässig.

Tabelle IX.

Anilinfarbstoffe, in Gelatine eingebettet:

a) Methylblau — Methylviolett — Cyanin,
b) Fuchsin — Eosin — Rubinroth — Modebraun,
c) Dahliagrün,
d) Methylorange — Fluorescin — Chrysanilin.

Ebenso verhielten sich die Farbstoffe in wässriger Lösung; es waren somit die am wenigsten durchsichtigen Farben amdurchlässigsten.

Tabelle X.

Jod in Schwefelkohlenstoff und Alkohol:

1. Jod in CS_2 2. Jod in Alkohol.

Die Versuche mit Lösungen von Jod in Alkohol und Schwefelkohlenstoff zeigen, dass nicht nur das Atom als solches eine Rolle spielt, sondern auch die Art, in welcher es vom Lösungsmittel beeinflusst wird; in Betracht kommt, dass nach den Versuchen Beckmann's Jod in Alkohol und Schwefelkohlenstoff als J_2 vorhanden ist.

Tabelle XI.

Chromalaun

ist in blauer Modifikation durchlässiger als in grüner. Die grüne Modifikation wurde durch Kochen der blauen Lösung erhalten.

Tabelle XII.

Dichroismus für die X-Strahlen:

Cordierit und Epidot nach verschiedenen Richtungen den Strahlen ausgesetzt ergaben eine gleiche Durchlässigkeit, also keinen Dichroismus, entgegen den Versuchen von Galitzin und Karvojitzky[1]), die zwei Krystalle in gekreuzter Stellung über einander legten. Die würfelförmigen Krystalle wurden nacheinander mit verschiedenen Flächen den X-Strahlen ausgesetzt. Es ist bei dieser Anordnung ausgeschlossen, dass das von den X-Strahlen in den oberen Krystallen erregte Fluorescenzlicht polarisirt und je nach der Lage seiner Polarisationsebene von den unteren Krystallen absorbirt oder durchgelassen wird. Für die X-Strahlen besteht daher kein Dichroismus.

Tabelle XIII.

Durchlässigkeit in Gläsern:

1. Weisses Natriumglas,
2. Weisses Kaliumglas,
3. Grünes Glas (eisenhaltig),
4. Blaues Cobaltglas,
5. Flintglas (bleihaltig)
6. Milchglas.

Tabelle XIV.

Durchlässigkeit von Flüssigkeiten:

a) 1. Terpentinoel,
2. Alkohol 0,834,
3. Cognac,
4. Schwefelkohlenstoff 1,027,
5. Chloroform 1,485,
6. Jodtinktur 0,895.

1) Sagnac, C. R. 122 p. 783.

b) 1. Ammoniakflüssigkeit,
2. Aluminiumacetat,
3. Borsäurelösung,
4. Ammoniumchlorid,
5. Chlorkalium,
6. Bromkalium,
7. Jodkalium,
8. Kaliumpermanganat.

Die Konzentration der Lösungen war eine 10 %ige molekulare; die Durchlässigkeit war analog der der betr. Salze.

Tabelle XV.

Säuren von verschiedenem spezifischen Gewicht zeigten Verschiedenheiten nach ihrem spezif. Gewicht:

1. Salzsäure sp. G. 1,061,
2. Salzsäure sp. G 1,124,
3. Salpetersäure sp. G. 1,153,
4. Salpetersäure sp. G. 1,34,
5. Phosphorsäure 1,36,
6. Phosphorsäure 1,5.

Tabelle XVI.

Flüssige Pflanzenfette.

1. Ricinusöl — 2. Mandelöl, — 3. Provenceröl — 4. Mohnöl — 5. Sesamöl — 6. Baumwollsamenöl.

Zwischen den einzelnen Oelen zeigte sich nur ein geringer Unterschied, der jedoch noch deutlich hervortrat.

Tabelle XVII.

Feste Fette.

1. Margarine — 2. Butter — 3. Schweinefett. Zwischen 1 und 3 lag deutlich wahrnehmbare Grenze. Gemische verschiedener Fette zeigten Unterschiede.

Vegetabilische Pulver.

	1. Pfeffer	2. Zimmet	3. Safran
Aschengehalt:	4,5 %	5,1 %	6 %

Beimengungen von Ocker, Ziegelmehl traten deutlich hervor, ebenso konnten Verunreinigungen in Mehl mit Mineralien leicht nachgewiesen werden.

Mit zunehmendem Aschengehalt der Gewürze nahm die Durchlässigkeit ab. Die Methode zum Nachweis mineralischer Verunreinigungen ist als eine sehr scharfe zu bezeichnen.

Tabelle XVIII.

Es wurde die Durchlässigkeit von Körpern für X-Strahlen bei weiteren Genuss- und Gebrauchsmitteln untersucht und ergab sich, dass Weine mit verschiedenem Zuckergehalt verschieden durchlässig waren:

Weine:	Zucker:	Extrakt:	Sp. Gew.
1. Weisswein:	0,14	2,057	0,995
2. Rothwein:	—	2,367	0,9954
3. Ung. Wein:	1,41	2,54	0,9958
4. Sherry	1,92	3,29	0,097
5. Tokayer:	8,2	9,4	1,036
6. Malaga:	9,9	14,4	1,037

Verschiedene Glasuren waren nach ihrem Bleigehalt verschieden durchlässig (vide Tab. XIII).

Tabelle XIX.

Einwirkung von X-Strahlen auf Bakterien (Gelatinekulturen in Petrischalen):

Nichtpathogene Bakterienarten:

Mikrokokkus prodigiosus,
Rothe und gelbe Sarcine,
Bacill. subtilis,

Bacillus megaterium,
Bacill. acid. lactici.

Pathogene:

Bacill. anthracis.,
Bacill. Malig. Oedem.,
Bacill. Choler. asiat.,
Staphylokokkus p. aureus,
Staphylokokkus p. citreus,
Gonokokkus,
Bac. d. Tuberkulose.

Fluorescirende Bakterienarten:

Bac. fluorescens,
Bac. cyanogen.
Bac. fluorescens (verflüssigend),
Bac. fluorescens (nicht verflüssigend),
Bac. pyocyaneus.

Es konnte eine Einwirkung der X-Strahlen auf die Bakterien nach 5—10—15—20—60 Minuten nicht beobachtet werden, weder änderten sie das Wachsthum der Bakterien noch tödteten sie dieselben. Eine X-Luminescenz der sehr schön fluorescirenden Bakterienkolonien konnte nicht wahrgenommen werden.

Einfluss von Körpern auf die Empfindlichkeit photogr. Platten gegen X-Strahlen:

Die Versuche Winkelmanns[1]), durch Flussspath die Empfindlichkeit photographischer Platten zu steigern, die sie darauf zurückführen, dass durch den Flussspath eine Umwandlung der Röntgenstrahlen in solche andrer

1) A. Winkelmann u. Straubel, Jen. Ztschr. f. Naturwissenschaft XXX, Bd. N f., XXIII.

Wellenlänge — Flussspathstrahlen — eintrete, veranlassten mich zu weiteren Versuchen.

Methode:

Zur Ausführung des Versuches wurde eine Kupferplatte 13×18 cm gross mit einem Pappdeckel von 2 mm Dicke in dem Quadrate von 5 cm Durchmesser geschnitten bedeckt, die Ausschnitte mit obigen Substanzen gefüllt und nun mit Obernetter Trockenplatten oder Celluloidfilms (Anilinfabrik Berlin) mit der Schichtseite nach unten bedeckt, das Ganze lichtdicht verschlossen und auf jedes der Quadrate ein Hornring, ein Gewichtsstück und eine Münze gelegt und dann während 2, 5, 20 und 30 Sekunden der Einwirkung der X-Strahlen ausgesetzt. Die Entwicklung der Platten nahm 2 Minuten im Metholentwickler in Anspruch. An den verschiedenen Quadraten war nur bei 8 und 9 ein geringer Unterschied zu konstatiren, indem der Theil der Platte, dessen Schichtseite den Platindoppelsalzen zugewendet war, einen etwas schwächeren Ton zeigte.

Untersuchung:

Angewandt wurden:

1. Flussspath,
2. Balmainsche Leuchtfarbe,
3. Kaliumsulfid,
4. Baryumsulfid,
5. Zinksulfid,
6. Wolframsaures Calcium,
7. Chinin,
8. Kaliumplatincyanür,
9. Baryumplatincianür,
10. Anthracen,
11. Uranglas,
12. Urancalciumsulfat,
13. Kryolith,
14. Fluorstrontium,
15. Fluorbaryum,
16. Feste Lösungen nach van't Hoff ($CaSO_4 + MnSO_4 - CaS + CuS - SrS + MnS. - ZnSO_4 + MnSO_4$).

Die entstandene Marmorirung der Platte dürfte von Drucken herrühren, die, worauf u. a. Colson[1]) hingewiesen, photographische Veränderungen hervorrufen. Die Differenz in den Resultaten über die Wirkung des Flussspathes wird vielleicht in wechselnden Verunreinigungen desselben zu suchen sein. Der Flussspath wurde in Form von Mehl sowie Stücken von 0,1—0,2—0,3 mm angewendet und zwar standen Mineralien 1. von der Mathildenhütte, 2. Wölsendorf in der Oberpfalz, sowie 3. ein grün- und 4. ein blaugefärbtes von Weardale in Cumberland zur Verfügung.

Ergebnis:

Von den fluorescirenden Körpern veranlassen insbesondere Platincyandoppelsalze eine Verstärkung der Einwirkung der X-Strahlen auf photographische Platten, während mit anderen Körpern eine solche nicht herbeigeführt wurde. Ein Erwärmen der fluorescirenden Körper blieb ohne Einfluss.

Vergleichung der Wirkungen der Kathoden- und Röntgenstrahlen.

Da nach zahlreichen Versuchen vielfach eine Analogie zwischen der Wirkung der Röntgen- und Kathodenstrahlen vorhanden ist, so schien auch eine Vergleichung der Wirkung beider Arten von Strahlen auf Sulfide, Wolframate und feste Lösungen in Bezug auf die Luminescenz nicht ohne Interesse.

Als allgemeines Resultat ergab sich, dass die Erregung zum Leuchten bei Kathoden- und Röntgenstrahlen nicht stets die gleiche ist. Eine X-Luminescenz sowie eine Kathodolumineszenz wurde beobachtet bei:

1) Colson, Comp. rend. 122 p. 598, 1896.

	X-L.	K.L.
Baryumplatincyanür:	grün	grün
Kaliumplatincyanür:	grün	grün
Magnesiumplatincyanür:	grün	grün
Schwefelzink:	schwach weiss	grünlichweiss
Schwefelbaryum:	weiss (schwach)	weiss
Schwefelcalcium:	schwach weiss	grünlichweiss
Balmainsche Farbe:	weiss	grünlichweiss
Kalkspath:	sehr schwach	weiss
Natriumglas:	grünlich	grün
Wolframsaures Calcium:	weiss	blau
Wolframsaures Calcium + Cu:	weiss	blau
Wolframsaures Calcium + Mn:	rosa	rosa
Scheelit:	weiss	blau

Während Salze von Mangan, Lithium, Cadmium, Strontium u. s. w. mit und ohne Zusätze unter den Kathodenstrahlen sehr stark leuchteten und zum Theil sowohl Thermolumineszenz als Nachleuchten zeigten, wurde durch X-Strahlen keine X-Lumineszenz, N. L. und Thermolumineszenz hervorgerufen. Besonders charakteristisch ist das Verhalten von $CaSO_4$ mit einem Zusatz von $MnSO_4$: während dies in den Kathodenstrahlen ausnehmend hell leuchtet, eine starke Thermolumineszenz zeigt und ebenso durch Entladungsstrahlen eine Thermolumineszenz erregt wird[1]), trat weder das eine noch das andere unter den X-Strahlen ein.

Ebensolche Unterschiede zeigten eine Reihe organischer Körper wie Anthracen, Salicylsäure, Reten,

1) E. Wiedemann und Schmidt, Wied. An 54 p. 607 und 56 p. 201.

Benzolsäure, Toluidin, Diphenylamin, Benzolphenon, Hydrochinon, Resorcin, Pyrogallol, Phenol, Naphtalin, Naphtal, Chrysen, Aesculin, Hippursäure, Chininsalze, Eikonogen und andere, in welchen sowohl in reinem Zustande als auch in Gelatine eingebettet schöne Kathodoluminescenz auftrat, die sich aber den X-Strahlen gegenüber völlig indifferent verhalten.

Resultate über die Röntgenstrahlen.

1. Mit zunehmender Dicke werden alle Körper weniger durchlässig.

2. Zwischen Körpern im gepulverten Zustande und in zusammenhängenden grösseren Krystallen ist ein Unterschied nicht wahrzunehmen.

3. Das Atomgewicht ist nicht immer bestimmend für die Durchlässigkeit.

4. Das Säureradikal übt Einfluss auf die Durchlässigkeit aus. Oxydul und Oxydsalze zeigen kleine Verschiedenheiten.

5. Mit dem Gehalt an gelöster Substanz in molekularer Schicht nahm die Durchlässigkeit ab.

6. Bei vegetabilischen Substanzen nimmt die Durchlässigkeit ab mit zunehmendem Aschengehalt, sie hängt also von mineralischen Bestandtheilen ab.

7. Am durchlässigsten ist von den Glasarten reines Natriumglas.

8. Die Durchlässigkeit der Farbstoffen nimmt mit der Durchsichtigkeit derselben ab.

9. Ein Dichroismus für X-Strahlen ist nicht nachzuweisen.

10. Organische Körper sind fast gleich durchlässig, wenn sie aus C — H — N und O bestehen, bei Derivaten mit S — Cl — Br — J — P treten Unterschiede auf.

11. Dimorphe und trimorphe Körper zeigen kleine Verschiedenheiten.

12. Isomorphismus übt keinen Einfluss aus, sondern ist das Element massgebend.

13. Bei gleicher Dichte des Körpers ist die Durchlässigkeit eine verschiedene.

14. Bei festen Lösungen nach van't Hoff wird die Durchlässigkeit der Lösungsmittel durch den Zusatz kleiner Mengen gelöster Körper nicht beeinflusst.

15. X-Strahlen sind ohne Einwirkung auf Bakterien.

16. Der Einfluss von fluorescirenden Körpern auf die Empfindlichkeit photographischer Platten gegen X-Strahlen ist in vielen Fällen ein sehr geringer.

17. Die Erregung von Luminescenz durch Röntgen und Kathodenstrahlen ist nicht stets die gleiche.

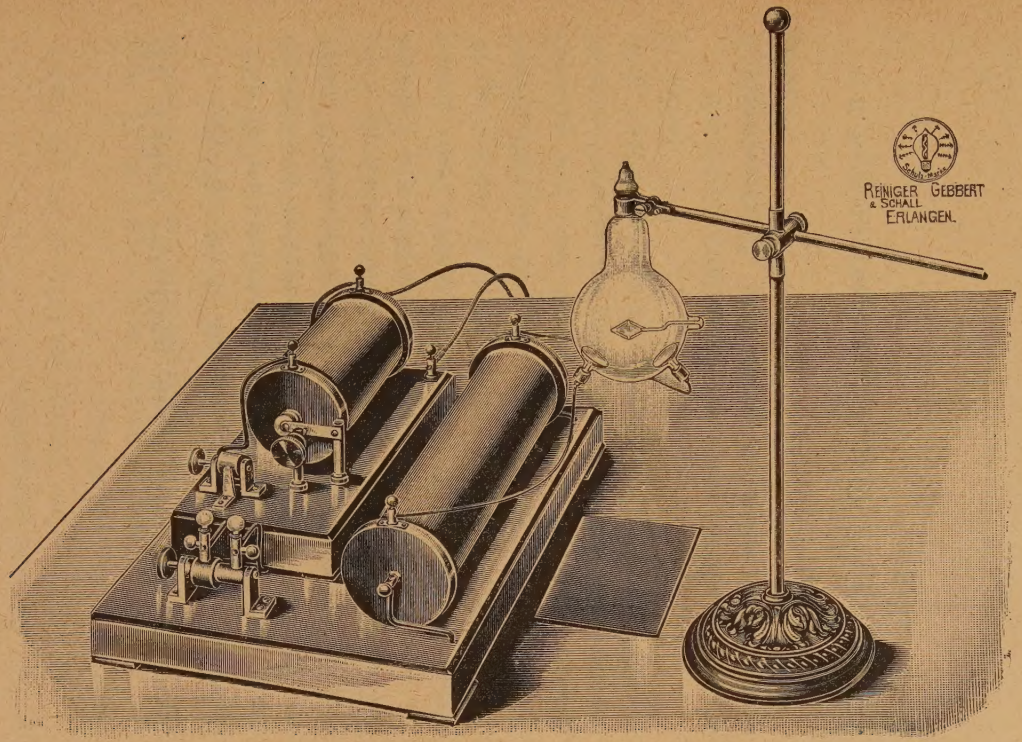
III. Ueber Strahlen nach Henri Becquerel.

Angeregt durch die Arbeiten H. Becquerels[1]) „über die von phosphorescirenden Substanzen ausgehenden unsichtbaren Strahlen“, (insbesondere von Uranylkaliumsulfat, Uranmetall u. s. f.) habe ich Versuche mit anderen stark phosphorescirenden Körpern vor allen festen Lösungen, wie Sulfiden, Wolframaten angestellt und gefunden, dass Uranoxydstrontium, Zinksulfid auf nassem Wege bereitet, Schwefelcalcium mit Kupfer, Flussspath, Schwefelbaryum die Eigenschaften haben, durch Papier, Gelatine und Glas hindurch photographisch zu wirken. Weitere Versuche mit phosphorescirenden festen Lösungen nach van't Hoff und organischen Substanzen habe ich in Arbeit.

Besonders interessant ist, dass auch von einem Kohlenwasserstoff, dem Reten, derartige Strahlen ausgehen.

---

1) H. Becquerel, Comp. rend. 122, p. 501, 558, 689, 762. 1896.


REINIGER GEBBERT
& SCHALL
ERLANGEN.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. E. Wiedemann für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die liebenswürdige Unterstützung und das stets bezeugte Wohlwollen auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Wilhelm Arnold, geb. als Sohn des kgl. Hofapothekers Friedrich Arnold zu Uffenheim am 7. Januar 1857, besuchte die Gymnasien zu Ansbach und Nürnberg, konditionierte nach bestandenem Apothekergehülfenexamen in Apotheken und chemischen Laboratorien zu Hamburg, Zürich, Aarau, Baden-Baden, sowie Nord- und Südamerika's, studirte an den Universitäten zu Würzburg, Freiburg und Tübingen, war nach bestandenem Staatsexamen als Analytiker in Smyrna und in Specialdiensten Sr. Maj. des Sultans zu Konstantinopel. Seit September 1887 bin ich Besitzer der k. Hofapotheke zu Ansbach und seit 1890 Vorstand der städtischen Nahrungsmitteluntersuchungs-Anstalt daselbst; die beiden letzten Semester arbeitete ich im physikalischen Institut zu Erlangen.